Aus der Medizinischen Klinik und Poliklinik der
Freien Universität Berlin im Städtischen Krankenhaus Westend
Direktor: Professor Dr. G. A. Neuhaus

DIAGNOSTIK CHRONISCHER ARTERIEN-VERSCHLÜSSE UND -STENOSEN DER UNTEREN EXTREMITÄTEN MIT DER LÄNGSRHEOGRAPHIE

Vergleichende rheographische und arteriographische Untersuchungen

INAUGURAL-DISSERTATION
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an der ehem.
Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

1970

vorgelegt von
Hassan Fazel-Soleymani
aus Mesched/Iran

Aus der Medizinischen Klinik und Poliklinik der Freien
Universität Berlin im Städtischen Krankenhaus Westend
Direktor: Professor Dr. G. A. Neuhaus

DIAGNOSTIK CHRONISCHER ARTERIEN-VERSCHLÜSSE UND -STENOSEN DER UNTEREN EXTREMITÄTEN MIT DER LÄNGSRHEOGRAPHIE

Vergleichende rheographische und
arteriographische Untersuchungen

Inaugural - Dissertation
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an der ehem.
Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Hassan Fazel-Soleymani
aus Mesched/Iran

Ehem. Dekan:	Professor Dr. med. H. Lax
Referent:	Professor Dr. med. G. A. Neuhaus
Korreferent:	Professor Dr. med. Rolf Schröder

UNIV. LEIDEN BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung der ehem. Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

Promoviert am: 13. Juli 1970

Inhaltsverzeichnis

		Seite
1.	Problemstellung	1
2.	Methodik	2
	2.1 Rheographie	2
	2.1.1 Prinzip der Rheographie	2
	2.1.2 Anwendungsbereich der Rheographie	3
	2.1.3 Grenzen der Methode	4
	2.1.4 Meßapparatur und angewandte Untersuchungstechnik	5
	2.1.5 Beurteilungs-Kriterien	8
	2.2 Arteriographie	13
	2.2.1 Prinzip der Arteriographie	13
	2.2.2 Angewandte Untersuchungstechnik	13
	2.2.3 Auswertung der Angiogramme	14
3.	Patientengut und Untersuchungsgang	15
4.	Ergebnisse der eigenen Untersuchung	16
	4.1 Arteriographische Untersuchungsbefunde	16
	4.2 Rheographische Untersuchungsbefunde	19
	4.2.1 Rheographische Kurvenform	20
	4.2.2 Rheographischer Quotient	24
	4.2.3 Gipfelzeit	26
	Diskussion	28
	Zusammenfassung	33
	Literatur	35

1. Problemstellung

Im Hinblick auf die ständige Zunahme arterieller Gefäßerkrankungen (BLOCK, 1951; SOLTH, KÖHL, SCHETTLER, WERTEMANN, 1957) hat die Frage nach einer rasch durchzuführenden, möglichst umfassenden und sicheren Diagnostik chronisch-peripherer Arterienverschlüsse wesentlich an Bedeutung gewonnen.
Unter den zahlreichen methodischen Möglichkeiten, die bei der Objektivierung peripherer Gefäßerkrankungen Anwendung finden (KAPPERT, 1969), erlaubt die Röntgenkontrastdarstellung der Gefäße (Angiographie) z.Z.die beste und zuverlässigste Aussage über Lokalisation, Ausmaß und Kollateralgefäßversorgung arterieller Verschlüsse und Stenosen. Die Angiographie ist jedoch prinzipiell mit einer gewissen Gefahrenquote belastet, die für die verschiedenen arteriographischen Techniken bei der Darstellung der Extremitätengefäße (direkte und indirekte translumbale Aortographie, direkte und indirekte perkutane Arteriographie) von Mc AFEE (1957) mit 1,o2 %, MORTENSEN (1967) mit 13 % und BELAN und Mitarb. (1969) mit 2,56 % angegeben wird.

Da in einem weiteren Teil der Fälle eine Arteriographie kontraindiziert ist, interessierte im Rahmen einer stationären Diagnostik, wieweit ein chronischer Arterienverschluß auch auf unblutige Weise hinreichend sicher objektiviert werden kann.

Diese Frage wurde in der vorliegenden Arbeit anhand vergleichender längsrheographischer und arteriographischer Untersuchungen geprüft, nachdem sich die periphere Längsrheographie in der Diagnostik arterieller Durchblutungsstörungen bislang gut bewährt hat (FRIEDMANN (1954,1957),

KAINDL (1954), POLZER und SCHUHFRIED (196o), RÖSCH (1962), EMMRICH (1963), ENGER und WEIßBACH (1963), HEIDRICH (1966), KAINDL, POLZER und SCHUHFRIED (1967), HEIDRICH, BAYER, KOLMAR (1968), KUSZTOS (1969), SCHREIBER (1969)).

2. Methodik

2.1. Rheographie

2.1.1 Prinzip der Rheographie

Prinzip der Rheographie ist die unblutige Messung pulsatorischer Blutvolumenschwankungen eines Meßbereiches durch Registrierung elektrischer Leitfähigkeitsschwankungen (Widerstandsänderungen).

Aufgrund der Untersuchungen von NYBOER (1944) am isolierten Froschherzen und Versuchen von KOEPPEN (1943) am Menschen ist bekannt, daß Blut eine höhere elektrische Leitfähigkeit besitzt als das es umgebende Gewebe. Die pro Volumenpuls im Bereich einer Extremität auftretende elektrische Widerstandsänderung beträgt etwa 1/looo des Grundwiderstandes im Meßbereich (JANTSCH (1958), KAINDL, POLZER, SCHUHFRIED (1959)).

Mit der Rheographie werden im Gegensatz zur Oszillographie nur Volumen- aber keine Druck-Pulsationen registriert, wie erst kürzlich von SCHREINICKE (1968) erneut bestätigt werden konnte.

2.1.2 Anwendungsbereiche der Rheographie

Die Methode der elektrischen Widerstandsmessung wurde 1943 von KOEPPEN unter Verwendung von Gleichstrom erstmals klinisch inauguriert. 1945 verwendeten HOLZER, POLZER und MARKO Wechselstrom zur Widerstandsmessung und verwendeten die Methode als Rheokardiographie bei der Diagnostik der Herzfunktionen. Die technische Weiterentwicklung durch POLZER und SCHUHFRIED (195o) ermöglichte die Einführung der Rheographie in das Untersuchungsrepertoire der peripheren G fäße. Sie hat hier als Längsrheographie, Querrheographie, Druckrheographie und neuerdings versuchsweise als Venenverschluß-Rheographie entscheidende Bedeutung in der angiologischen Diagnostik erhalten (KAINDL, POLZER, SCHUHFRIED (1967)).

Bei der Längsrheographie werden Rheogramme einzelner Gliedmaßenabschnitte oder ganzer Extremitäten registriert, indem der zu untersuchende Meßbereich durch eine proximale und eine distale Elektrode abgegrenzt wird. Mit der Querrheographie werden dagegen nur Pulsationen an sehr kleinen, definierten Meßbereichen erfaßt, indem 2 halbe Ringelektroden oder Elektroden - platten in gleicher Höhe an den gegenüberliegenden Seiten einer Extremität angelegt werden. Der von KAINDL, POLZER und SCHUHFRIED (1967) behauptete Vorteil der Querrheographie für die Lokalisationsdiagnostik von Gefäßverschlüssen ist nach Untersuchungen von MATZ - DORFF(1961) zweifelhaft. Die Druckrheographie stellt eine Kombination des längsrheographischen Meßverfahrens und der Oszillographie dar. Sie soll über das Verhalten des lokalen Blutdrucks, d.h. die Größe der poststenotischen Blutdruckverminderung, Auskunft geben. Die Venenverschlußrheographie entspricht in ihrer Konzeption dem Prinzip der Venenverschluß-Plethysmographie. Mit ihr wird versucht, quantitative Aussagen über die Durchblutungsgröße zu erreichen.

Darüber hinaus wurde die klinische Anwendung als Schädelrheographie, Halsvenenrheographie und Brustwandrheokardiographie beschrieben (KAINDL, POLZER, SCHUHFRIED (1967)).

2.1.3 Grenzen der Methode

Für die Interpretation rheographischer Pulskurvenbilder ist die Kenntnis der methodischen Grenzen wichtig.

Rheographisch lassen sich aus prinzipiellen Gründen lediglich rasch ablaufende Volumenpulsänderungen, nicht aber Druckschwankungen registrieren.

Mit der Rheographie sind deshalb nur Aussagen über Volumenänderungen im Bereich der großen und mittleren arteriellen Gefäße möglich, in denen eine pulsatorische Blutströmung abläuft. Die kleinen Arterien, speziell die Kollateralen und die Endstrombahngefäße, in denen im wesentlichen eine kontinuierliche Gleichströmung des Blutes ohne Volumenpulsationen stattfindet, werden rheographisch nicht erfaßt. Aus diesem Grunde sind mit der Längsrheographie auch nur qualitative und nicht quantitative Rückschlüsse auf die Durchblutungsgröße möglich. Es lassen sich auch nicht einzelne Gefäße allein, sondern nur der arterielle Gesamtgefäßquerschnitt eines Extremitätenbereiches beurteilen. Degenerative Arterienerkrankungen können von entzündlichen differentialdiagnostisch nicht abgegrenzt werden.

Diese methodischen Nachteile entsprechen denen vergleichbarer anderer nicht plethysmographischer Untersuchungsverfahren.

Als spezieller Vorteil der Rheographie gilt, daß besonders beginnende degenerative Arterienerkrankungen aufgrund typischer Kurvenformveränderungen erfaßt werden können, Schmerzen wie bei der Oszillographie oder andere subjektive Reaktionen bei Wechselstrom-Rheographen während der Messung nicht auftreten, sehr kleine Meßbereiche (Finger, Zehen) untersucht werden können und die Registrierung der Kurven nahezu trägheitslos erfolgt.

2.1.4 Meßapparatur und angewandte Untersuchungstechnik

Der für die vorliegenden Untersuchungen verwendete Doppel-Rheograph nach SCHUHFRIED (Wien) (Abbildung 1) besteht aus je einem Generator, einer Wheatston'schen Brücke mit nachgeschaltetem Transformator, einem Gleichrichter und einer Abstimmkontrolle der Meßbrücken. Mit diesem Gerät lassen sich verschiedene Gliedmaßenabschnitte gleichzeitig rheographisch untersuchen.

Der Gewebswiderstand eines Meßbereiches und seine Änderung werden mit hochfrequenten Wechselströmen von 2o ooo bis 3o ooo Hz bei einer Stromstärke von 1o bis 2o mAmp gemessen, die im Gegensatz zu Gleichstrom-Rheographen (VASOGNOST, Firma Technomed Berlin) zu keinen subjektiven Beschwerden führen. Die hochfrequenten Wechselströme verringern den Übergangswiderstand der Haut, so daß praktisch nur der Ohm'sche Gewebswiderstand unter der Haut registriert wird. Beide Meßbrücken arbeiten mit unterschiedlicher Wechselspannung, um gegenseitige Störungen zu vermeiden. Der Patient wird über 2 Metallelektroden in einen Zweig der Wheatston'schen Brücke eingeschaltet, in einen anderen eine variable Kapazität und ein variabler Widerstand. Um für jede Messung gleiche

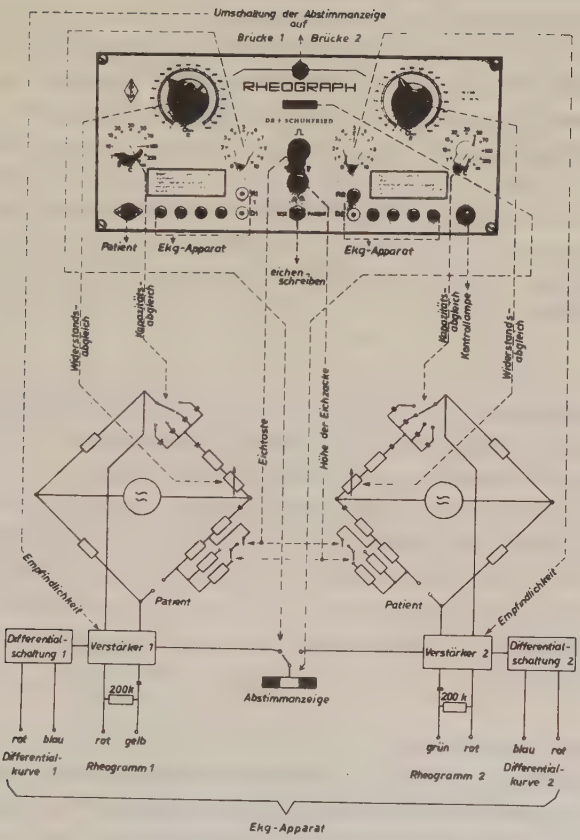


Abb.1: Prinzipieller Aufbau des Doppel-Rheographen nach SCHUHFRIED (Wien)
(Aus: Kaindl,Polzer,Schuhfried: Kreislauf-bücherei, Band 18, 1967)

Ausgangsbedingungen zu schaffen, wird die Brücke vor der Registrierung durch den veränderlichen Ohm'schen Gewebswiderstand und die Hautkapazität abgeglichen. In Reihenschaltung zum Patienten liegt außerdem ein Ohm'scher Widerstand, der durch mehrere parallel geschaltete Widerstände verkleinert werden kann und mit dem Eichzacken hergestellt werden. Eichzacken werden in einer Größenordnung von o,o5/o,1/o,5/1,o Ohm durch Tastendruck in das Rheogramm eingeblendet. Sie dienen durch Vergleich mit der Amplitudenhöhe der Pulskurven zur Bestimmung der Größe von Widerstandsänderungen.

Die pulssynchronen elektrischen Leitfähigkeitsänderungen erscheinen an der Brücke als Spannungsschwankungen, die einer Trägerspannung aufmoduliert werden. Nach Verstärkung im Transformator wird die Meßfrequenz von der Trägerspannung wieder demoduliert und anschließend gleichgerichtet. Die so erhaltenen Spannungsschwankungen werden auf ein EKG-Gerät übertragen und synchron mit einer EKG-Standard-Ableitung als Bezugskurve aufgezeichnet. Als EKG-Gerät wurde ein 6- bzw.3-Kanal - Direktschreiber der Firma Siemens verwendet.

Bei den vorliegenden Untersuchungen wurden ausschließlich Längsrheogramme aufgezeichnet, weil Querrheogramme mit zu großen meßtechnischen Fehlermöglichkeiten belastet sind, um exakte Aussagen zuzulassen und in der praktischen Diagnostik keine entscheidende Rolle spielen. Als Elektroden wurden 2o mm breite, modulierbare Leichtmetallstreifen benutzt, die mit Stoff überspannt und mit einer Sodalösung gleichmäßig angefeuchtet waren. Die Elektroden wurden nach MATZDORFF (1961) folgendermaßen angelegt:

Oberschenkel:	proximal	4 Qf. unter dem Damm
	distal	4 Qf. über der Mitte der Patella
Unterschenkel:	proximal	4 Qf. unter der Mitte der Patella
	distal	4 Qf. über dem Knöchel
Füße:	proximal	4 Qf. über dem Knöchel
	distal	1 Qf. über dem Zehenansatz

(Qf. = Querfinger)

Die Elektroden waren so befestigt worden, daß an der ganzen Circumferenz ein fester Kontakt bestand, ohne daß gleichzeitig eine venöse Stauung verursacht wurde.

Alle Untersuchungen erfolgten im Liegen auf einem normalen Untersuchungsbett bei Atemstillstand und unter absolut seitengleicher Verstärkung der Meßspannungs-Schwankungen. Die Eichwerte betrugen in allen Versuchen o,o5 Ohm. Ihre Verstärkung wurde so gewählt, daß die Eichzackenhöhe beider Registrierkanäle jeweils 1 cm betrug.

2.1.5 Beurteilungs-Kriterien

Die Auswertung rheographischer Kurven ist sowohl durch Beurteilung der Kurvenform als auch durch Errechnung eines Rheographischen Quotienten (RQ) (JANTSCH(1958), MATZDORFF (1951)), eines relativen Pulsvolumens (P_R) (KAINDL, POLZER, SCHUHFRIED (1959)) und durch Bestimmung der Gipfelzeiten (GZ) (SCHMIDBAUER und SCHREIBER (1967)) möglich. Bei den vorliegenden Untersuchungen wurden qualitativ das Verhalten der Pulskurvenform, die Rheographischen Quotienten und die Gipfelzeiten analysiert. Eine Berechnung des relativen Pulsvolumens erfolgte nicht, nachdem nachgewiesen worden war, daß Rheographischer Quo-

tient und relatives Pulsvolumen trotz formaler Formel-Unterschiede identische Meßgrößen sind (HEIDRICH(1965)).

Kurvenform

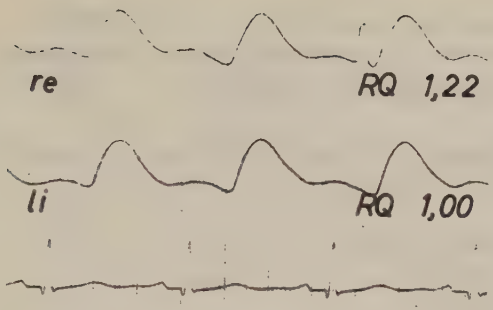
Bei der Beurteilung der Kurvenform werden die Amplitudenhöhe der Pulswellenkurven, der Steilheitsgrad des Kurvenanstiegs, die Form des Kurvengipfels, Ausbildung der Nachwellen und das zeitliche Verhältnis des Pulskurvenbeginns zwischen symmetrischen Gliedmaßenabschnitten berücksichtigt.

Die normale rheographische Pulskurve (Abbildung 2) ist durch einen steilen Anstieg, eine hohe Amplitude, spitze Kurvengipfel, deutlich ausgeprägte Nachwellen und einen zeitlich synchronen Pulskurvenanstieg im Bereich der rechten und linken Extremität gekennzeichnet.

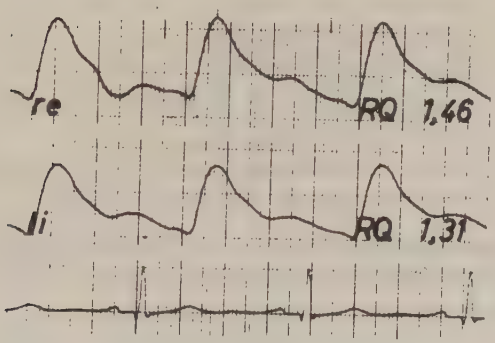
Pathologische Rheogramme (s.Abb. 5 und 6) weisen dagegen in Abhängigkeit vom Schweregrad arterieller Strömungshindernisse einen abgeflachten Kurvenanstieg, eine breite bis plateauförmige Kurvenspitze, eine nur niedrige Amplitude und keine Nachwellen auf. Bei Gefäßverschlüssen sind oft nur noch Basismodulationen, bei Verschlüssen mit guter Kollateralversorgung teilweise halbkugelförmige Kurvenbilder zu erkennen.

Rheographischer Quotient (RQ)

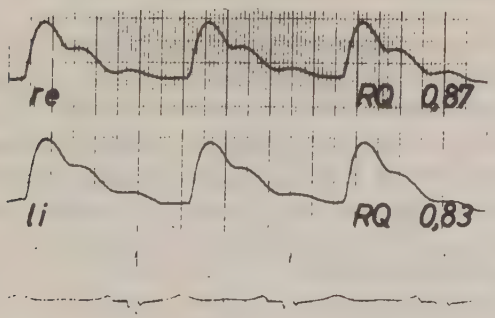
Der Rheographische Quotient gibt das Verhältnis von Ohm'schem Grundwiderstand im Meßbereich und pulsatorischer Widerstandsänderung an. Er wurde 1958 von JANTSCH in die Beurteilung eingeführt und später durch MATZDORFF (1961)



Oberschenkel



Unterschenkel



Fuß

Abb.2:

Normale rheographische Pulskurven beider Beine eines 24-jährigen gesunden Mannes

unter Einbeziehung der Pulsfrequenz in die JANTSCH'sche Formel erweitert, um mögliche Fehler durch unterschiedliche Pulsfrequenz zu eliminieren.

Bei den vorliegenden Untersuchungen wurde die Berechnungsformel nach MATZDORFF (1961) angewandt:

$$RQ = \frac{A.Ew.\ S.\ 1ooo}{Ez.R.\ T}$$

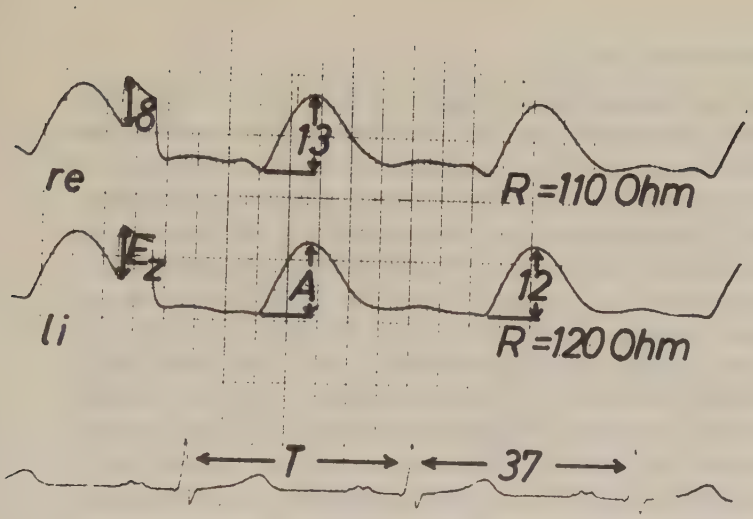
Folgende Werte müssen zur Berechnung bekannt sein:

A	=	Amplitude der Pulswelle in mm
Ew	=	Eichwert in Ohm
Ez	=	Eichzackenhöhe in mm
R	=	Grundwiderstand im Meßbereich in Ohm
S	=	Papiergeschwindigkeit in mm/sek
T	=	Pulsperiodendauer in mm
		(Abstand zweier R-Zacken im EKG)

1 ooo ist ein Umrechnungsfaktor, der rechnerisch den Rheographischen Quotienten in eine praktischere Größenordnung transformiert.

Ein Beispiel der Berechnung eines Rheographischen Quotienten ist in Abbildung 3 wiedergegeben.

Normalwerte des Rheographischen Quotienten liegen für alle Gliedmaßenabschnitte nach JANTSCH (1958), MATZDORFF (1961), HEIDRICH (1965), KAINDL, POLZER, SCHUHFRIED (1967), DURST und TOBIEN (1969) zwischen o,5 und 2,o. Werte über 2,o werden ausnahmsweise bei ausgeprägter Vasodilatation mit sehr hohen Amplituden gesehen, Werte unter o,5 finden sich bei allen Formen peripherer Durchblutungsstörungen.



Eichwert : 0,05 Ohm

Abb.3: Beispiel zur Berechnung der Rheographischen Quotienten (RQ) nach MATZDORFF

Rheogramme beider Unterschenkel eines 53-jährigen Mannes mit beginnenden arteriellen Durchblutungsstörungen

	Rechts	Links
A	13 mm	12 mm
E_W	o,o5 Ohm	o,o5 Ohm
E_Z	8 mm	8 mm
S	5o mm/sec	5o mm/sec
R	11o Ohm	12o Ohm
T	37 mm	37 mm

$$RQ(re) = \frac{13 \cdot o,o5 \cdot 5o \cdot 1ooo}{8 \cdot 11o \cdot 37} = o,99$$

$$RQ(li) = \frac{12 \cdot o,o5 \cdot 5o \cdot 1ooo}{8 \cdot 12o \cdot 37} = o,84$$

Gipfelzeit (GZ)

Die Bestimmung der Gipfelzeit (GZ) wurde nach einer 1967 von SCHMIDBAUER und SCHREIBER angegebenen Methode vorgenommen. Definitionsgemäß ist unter der GZ die Zeit in Sekunden zu verstehen, die mit dem Steilheitsgrad bzw. der Auslenkung des Rheogramms aus der Basis- oder Grundlinie beginnt und auf der Höhe des Kurvengipfels endet (Abb.4). Die Nützlichkeit ihrer Bestimmung basiert auf der Tatsache, daß bei stenosierenden und obliterierenden Gefäßerkrankungen nach SCHMIDBAUER und SCHREIBER charakteristische Verlängerungen der GZ auftreten, die praktisch keinen Störfaktoren unterliegen. Die GZ wird durch Ausmessen der eben definierten Meßstrecke in mm und durch Berücksichtigung der Transportgeschwindigkeit des Registrierpapiers auf Sekunden umgerechnet.

Als Normalwerte werden Gipfelzeiten zwischen o,11 Sekunden und o,18 Sekunden angesehen. Charakteristische GZ bei gesunden und gefäßkranken Versuchspersonen sind in Tabelle I wiedergegeben.

Tabelle I: Verhalten von Gipfelzeiten (GZ) und deren Mittelwerten (m) bei gesunden und gefäßkranken Versuchspersonen nach SCHMIDBAUER und SCHREIBER (1967).

	Gipfelzeit sec	Mittelwerte sec	Zahl d. Fälle
Normalfälle	o,11 - o,18	o,15	1oo
Stenosen	o,18 - o,26	o,2o	2o
Operierte Fälle[+)]	o,12 - o,28	o,21	15
Verschlüsse	o,18 - o,34	o,22	54
Stenosen und Verschlüsse	o,18 - o,34	o,22	74

[+)] Bei den operierten Fällen handelte es sich um Zustände nach Thrombendarteriektomien, Transplantationen und By-pass-Operationen.

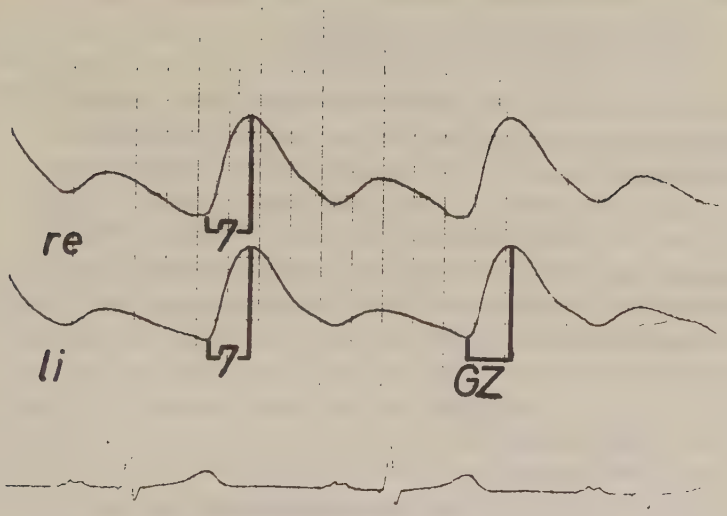


Abb.4: Beispiel zur Bestimmung der Gipfelzeit (GZ) nach SCHMIDBAUER und SCHREIBER

Unterschenkelrheogramme eines 24-jährigen gesunden Mannes

GZ(re) = 7 mm = o,14 sec

GZ(li) = 7 mm = o,14 sec

(1 mm = o,o2 sec bei einer Papiertransport-geschwindigkeit von 5o mm/sec)

2.2. Arteriographie

2.2.1 Prinzip der Arteriographie

Die Arteriographie ist eine röntgenologische, blutige Untersuchungsmethode. Ihr Prinzip ist die Darstellung einzelner Arterien durch intraarterielle Injektion eines schattengebenden, jodhaltigen Kontrastmittels. Dabei kann das Kontrastmittel entweder in das zu untersuchende Gefäß direkt über eine Injektionskanüle oder indirekt über einen ortho- bzw. retrograd eingeführten Katheter injiziert werden.

2.2.2 Angewandte Untersuchungstechnik

Bei den vorliegenden Untersuchungen wurden zur Darstellung der Arterien des Beckens und beider Beine die direkte translumbale Aortographie und die direkte transfemorale Arteriographie angewandt. Die Untersuchung erfolgte bei Aortographien in i.v.Evipan$^{R)}$-Kurznarkose, bei Femoralis-Arteriographien in Lokalanästhesie (Novocain$^{R)}$ 1 %ig). Allen Untersuchungen ging eine Prämedikation mit 1oo mg Dolantin$^{R)}$ und 5o mg Atosil$^{R)}$ voraus.

Als Kontrastmittel verwendeten wir 6o %iges Urographin$^{R)}$. Die injizierte Kontrastmitteldosis betrug bei Aortographien 3o - 4o ml, bei Arteriographien eines Beines 2o ml. Alle Injektionen wurden durch Hand über großlumige Punktionsnadeln ausgeführt. Mit einem Handwechsler wurden Serienangiogramme (3 - 4 Aufnahmen pro Untersuchung) angefertigt. Der zeitliche Abstand zwischen den einzelnen Aufnahmen wurde in Abhängigkeit von der vermuteten Strömungsgeschwindigkeit des Kontrastmittels (glatter

Durchfluß, Verzögerung bei Verdacht auf Stenose oder Verschluß) variiert. Das Format der angefertigten Röntgenaufnahmen betrug 2o x 9o cm und 2o x 4o cm. Für jede Extremität wurde eine eigene Bildfolge angefertigt.

2.2.3 Auswertung der Angiogramme

Bei der Auswertung der Angiogramme wurden im wesentlichen morphologische Gesichtspunkte berücksichtigt, während funktionelle Kriterien, wie das Verhalten der Strömungsgeschwindigkeit des Kontrastmittels, für die vorliegende Fragestellung von untergeordneter Bedeutung waren.
Kriterien der Beurteilung sind die Gefäßwand-Morphologie, Durchgängigkeit der Arterien und die Existenz oder das Fehlen von Kollateralgefäßen.

Ein Arteriogramm wurde als normal bzw. unauffällig angesehen, wenn die Stammarterien bis in die Peripherie einen glattwandigen Verlauf ohne Strömungsunterbrechung aufwiesen, normal weit waren und eine unauffällige arterielle Verzweigung nachgewiesen werden konnte.
Ein Arterienverschluß wurde bei vollständigem Kontrastmittelabbruch im Verlauf einer Verteilerarterie und dem Vorliegen wenigstens geringer Kollateralgefäße diagnostiziert.

Von einer Arterienstenose wurde gesprochen, wenn das Lumen einer großen Arterie um mindestens 1/2 des ursprünglichen Diameters eingeengt war. Fanden sich darüber hinaus erhebliche Wandveränderungen und Lumenunregelmäßigkeiten im Verlauf einer Stammarterie, wurde auf das Vorliegen generalisierter degenerativer Gefäßveränderungen geschlossen.

3. Patientengut und Untersuchungsgang

Zur Klärung der vorn aufgeführten Fragestellung wurden insgesamt 43 Patienten (77 Extremitäten) mit peripheren arteriellen Durchblutungsstörungen und dem klinischen Verdacht auf einen chronischen Arterienverschluß bzw. eine hochgradige Arterienstenose rheographisch und arteriographisch untersucht.

21 Patienten waren Frauen, 22 waren Männer. Das mittlere Alter der Frauen betrug 6o Jahre (4o bis 74 Jahre), das der Männer 64 Jahre (41 bis 72 Jahre). Ätiologisch handelte es sich ausnahmslos um degenerative Gefäßerkrankungen der FONTAINE-Stadien II - IV.

Die Einteilung der Schweregrade arterieller Durchblutungsstörungen nach FONTAINE orientiert sich an folgenden klinischen Leitsymptomen (KAPPERT, 1969):

Stadium	I:	Beginnende Gefäßwandveränderungen, keine subjektiven Beschwerden
Stadium	II:	Ausgeprägte Gefäßwandveränderungen, typischer Belastungsschmerz (Claudicatio intermittens)
Stadium	III:	Ruheschmerz
Stadium	IV:	Gangrän

Die arteriographischen und rheographischen Untersuchungen wurden zeitlich in möglichst engem Zusammenhang (1-3 Tage) und stets vor Beginn einer Therapie mit den auf Seite 5 und Seite 13 angegebenen Untersuchungstechniken durchgeführt.

4. Ergebnisse der eigenen Untersuchung

4.1 Arteriographische Untersuchungsbefunde

Angiographische Untersuchungen der Becken- und Beinarterien wurden bei 43 Patienten an insgesamt 77 Extremitäten durchgeführt.

Bei 6 Patienten (12 Extremitäten) wurde eine direkte lumbale Aortographie, bei 37 Patienten (65 Extremitäten) eine perkutane direkte Femoralis-Arteriographie vorgenommen. Abgesehen von Kontrastmittel-Paravasaten wurden keine Komplikationen gesehen.

Es ergaben sich folgende Befunde:

Tabelle II:

Befund	Häufigkeit	Extremitäten
1. Arterienverschlüsse im Bereich des Beckens, Ober- und Unterschenkels	63	46
2. Arterienstenosen im Bereich des Beckens, Ober- und Unterschenkels	42	34
3. Normale Gefäßverhältnisse	8	8

Die Diskrepanz der Gesamtsumme an Extremitäten in Tabelle II und den tatsächlich untersuchten oben angegebenen 77 Extremitäten erklärt sich durch die Tatsache, daß an einer Extremität oft gleichzeitig Arterienverschlüsse und - stenosen, mehrere Verschlüsse oder mehrere Stenosen nachgewiesen wurden.

A r t e r i e n v e r s c h l ü s s e fanden sich bei 46 Extremitäten insgesamt 63 mal. Bei 17 von 46 Beinen lagen gleichzeitig mehrere Verschlüsse (sog.Mehretagen-Verschlüsse) vor. Die Verteilungshäufigkeit der Arterienverschlüsse zeigt, daß rund 67 % aller Obliterationen im Bereich der Arteria femoralis superficialis lokalisiert waren (Tab.III). Eine Seitendifferenz der Verschlußhäufigkeit zwischen rechtem und linkem Bein wurde nicht gesehen.

Tabelle III: Verteilung der Arterienverschlüsse im Becken- und Beinbereich

Arterie	Verschlüsse	Prozent
Aorta	0	0
A.iliaca comm./ext.	9	14,3
A.femoralis	42	66,7
A.poplitea/tibialis ant.und post.	12	19,o
	63	loo %

A r t e r i e n s t e n o s e n im Bereich des Beckens, Oberschenkels und Unterschenkels wurden 42 mal bei 34 Extremitäten allein oder in Kombination mit Verschlüssen gesehen. Ihre Verteilung, die annähernd seitengleich war, ist in Tabelle IV wiedergegeben. Auch hier wurde wie bei den Verschlüssen eine Häufung der Stenosen im Femoral - Arterien-Bereich (55 %) gesehen.

Tabelle IV: Verteilung der Arterienstenosen im Becken- und Beinbereich

Arterie	Stenosen	Prozent
Aorta	2	4,8
A.iliaca comm./ext.	2	4,8
A.femoralis	23	54,7
A.poplitea/tibialis ant.und post.	15	35,7
	42	1oo %

Um einen Vergleich der arteriographischen mit den rheographischen Befunden zu ermöglichen, wurden die 69 untersuchten Extremitäten mit pathologischem Gefäßbefund nach der Art des hämodynamisch entscheidenden Strombahnhindernisses aufgeschlüsselt. Dabei wurde angenommen, daß bei mehreren hintereinander gelegenen Verschlüssen der am weitesten proximal gelegene Verschluß oder die am weitesten proximal gelegene Gefäßstenose mit einer Lumeneinengung von mehr als 5o % die Durchblutung der entsprechenden Extremität entscheidend beeinflußt. Weitere distaler gelegene Obliterationen wurden darüber hinaus vernachlässigt.

Unter diesen Gesichtspunkten ergibt sich bei 69 Extremitäten mit Arterienstenosen oder -verschlüssen folgende Verteilung:

Strombahnhindernis	Extremitäten	Prozent
Verschluß	46	66,6
Stenose	23	33,4
	69	1oo %

Bei 46 Extremitäten war damit primär ein Arterienverschluß, bei 23 Beinen eine Arterienstenose als Ursache der peripheren Durchblutungsinsuffizienz anzunehmen. Bei optimaler Kongruenz der angewandten Untersuchungsmethode hätte also rheographisch 46 mal ein Verschluß und 23 mal eine Stenose diagnostiziert werden müssen.

Ein angiographisch nachgewiesener Arterienverschluß wurde mit der Rheographie aber nur bei 4o Extremitäten (87,1 %) vermutet und in 6 Fällen (12,9 %) nicht nachgewiesen.

Eine in 23 Fällen angiographisch gesicherte Arterienstenose war durch die rheographische Voruntersuchung bei 16 Extremitäten (69,5 %) vermutet, bei 7 Extremitäten (3o,5 %) nicht vermutet worden.

4.2. Rheographische Untersuchungsbefunde

Es wurden insgesamt 231 Rheogramme der Oberschenkel, Unterschenkel und Füße ausgewertet.
Aufgrund der rheographischen Kurvenformveränderungen und RQ-Werte wurde ohne Kenntnis der arteriographischen Befunde vermutet, daß bei den insgesamt untersuchten 77 Extremitäten in 48 Extremitäten ein Arterienverschluß und in 19 Extremitäten eine Arterienstenose Ursache einer Durchblutungsstörung der Beine waren. Bei lo Extremitäten wurden nur allgemeine arteriosklerotische Gefäßveränderungen ohne wesentliche Lumeneinengung oder normale Gefäßverhältnisse vermutet.

Bezieht man die Treffsicherheit der rheographisch diagnostizierten Arterienverschlüsse und -stenosen auf die arteriographisch nachgewiesenen Befunde, so ergibt sich folgendes Bild:

Von den 46 angiographisch objektivierten Verschlüssen (loo %) wurden rheographisch 4o (87,1 %) vermutet und 6 (12,9 %) nicht vermutet. Ein rheographisch bei 48 Extremitäten (loo %) angenommener Verschluß ließ sich arteriographisch nur in 4o Fällen (83,3 %) bestätigen.

Von den 23 objektivierten Stenosen (loo %) wurden rheographisch 16 (69,5 %) diagnostiziert, 7 (3o,5 %) nicht diagnostiziert. Eine rheographisch bei 19 Extremitäten (loo %) vermutete Arterienstenose bestätigte sich arteriographisch nur 16 mal (84,3 %).

Damit wurden sowohl Arterienverschlüsse als auch Stenosen allein aus dem Rheogramm in 16 bis 17 % zu häufig und in 13 bis 3o % zu selten diagnostiziert.

Rheographisch war eine Lokalisation der Gefäßverschlüsse und Stenosen auf einzelne Gliedmaßenabschnitte (Becken, Oberschenkel, Unterschenkel) bei den richtig diagnostizierten Fällen in 88,7 % möglich. Sie gelang in den Fällen nicht, in denen generalisierte arteriosklerotische Gefäßwandveränderungen und multiple Stenosen bzw. Verschlüsse vorlagen.

4.2.1 Rheographische Kurvenform

Sowohl bei Arterienverschlüssen als auch bei Arterienstenosen waren die zu beobachtenden Kurvenformveränderungen gegenüber normalen rheographischen Pulskurven stets typisch pathologisch verändert.

Distal von Arterienverschlüssen wurden folgende Kurvenformen beobachtet (Abb.5):

1. Totale Null-Linie ohne Basismodulation
2. Pulssynchrone Modulation der Basislinie
3. Erheblich amplitudenreduzierte, angedeutet halbkugelförmige Pulskurven.

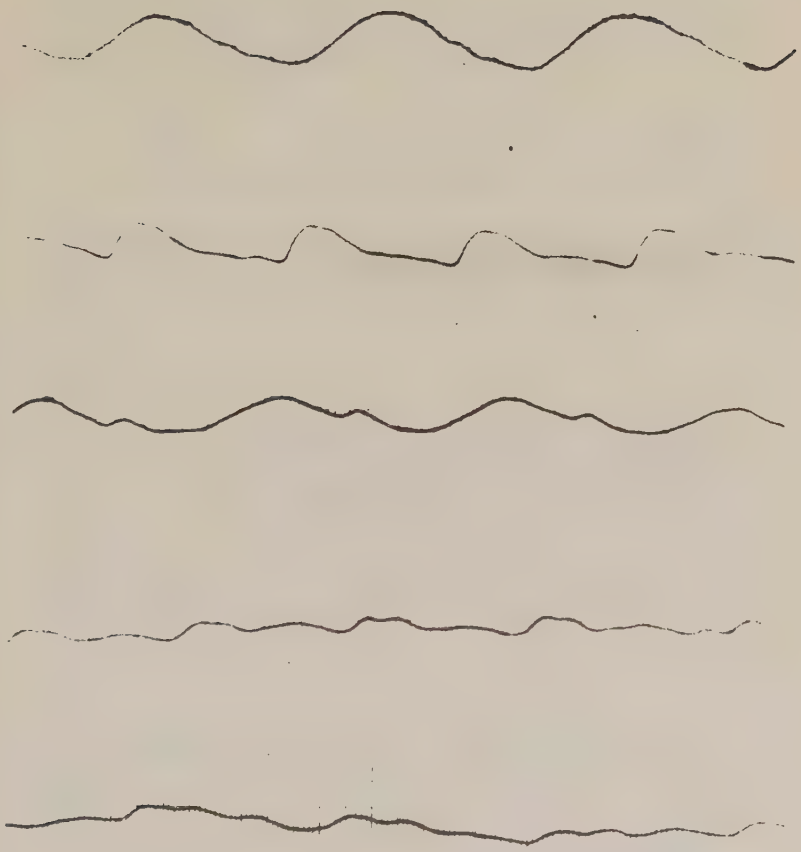
Distal von Arterienstenosen fanden sich im Rheogramm (Abb.6):

1. Amplitudenreduzierte, stark deformierte Pulskurven mit abgeflachtem Kurvenanstieg, rundem bis plateauförmigem Kurvengipfel und flachem, detaillosem Kurvenabfall
2. Angedeutet halbkugelförmige, ungegliederte Pulskurven mit kleiner Amplitude
3. Sehr selten bei hochgradigen Stenosen nur pulssynchrone Basismodulationen.

Sowohl bei den Arterienstenosen als auch Arterienverschlüssen fanden sich Übergangsformen zwischen den verschiedenen Kurventypen, so daß eine sichere Zuordnung bestimmter Formveränderungen allein zu den Verschluß - Rheogrammen oder Stenose-Rheogrammen nicht möglich ist.

Die Kurvenform der Rheogramme unmittelbar im Bereich einer Stenose oder eines Verschlusses zeigte fast stets eine Verminderung der Pulskurvenamplituden, eine Abrundung des Kurvengipfels, Abflachung des Kurvenanstiegs und das Fehlen von Nachwellen im absteigenden Kurvenast. Diese Veränderungen waren umso deutlicher, je ausgeprägter arteriosklerotische Gefäßwandveränderungen auch im prästenotischen Bereich zu finden waren. Unterschiede der Kurvenform in Abhängigkeit vom Gliedmaßenabschnitt wurden nicht gesehen.

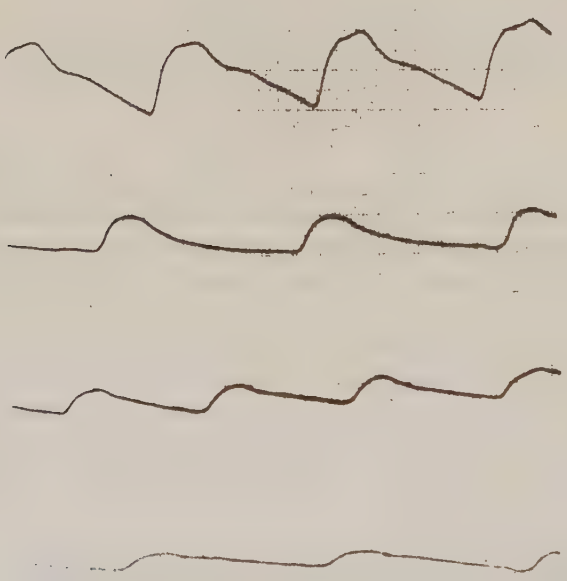
Die Kurvenform im Rheogramm proximal einer Gefäßstenose oder eines Verschlusses zeigte oft deutliche Veränderungen im Sinne mittelschwerer arteriosklerotischer Gefäßwand-



Häufige Pulskurvenformen bei Arterien - Verschlüssen

Abbildung 5

Normale Pulskurve



Häufige Pulskurvenformen

bei Arterien - Stenosen

Abbildung 6

veränderungen und nur ausnahmsweise bei isolierten peripheren Oberschenkel- oder Unterschenkelverschlüssen annähernd normale Pulskurvenformen.

4.2.2 Rheographischer Quotient (RQ)

Die Berechnung des Rheographischen Quotienten erfolgte nach der vorn angegebenen Formel von MATZDORFF (1961) (S.10).

Unter Berücksichtigung der Tatsache, daß die Größe der Rheographischen Quotienten bei obliterierenden degenerativen Gefäßerkrankungen ganz allgemein bereits wiederholt bestimmt worden ist (JANTSCH(1958), MATZDORFF (1961), KAINDL, POLZER, SCHUHFRIED (1967)) und neue Ergebnisse aus den vorliegenden Untersuchungen nach Stichproben nicht zu erwarten waren, wurde auf eine systematische Wiedergabe der RQ-Werte aus den Bereichen proximal einer Stenose oder eines Verschlusses verzichtet.

Errechnet wurden arithmetische Mittelwerte der Rheographischen Quotienten für Gliedmaßenabschnitte peripher und im Bereich einer Stenose oder eines Verschlusses. Da die Einzelwerte der Rheographischen Quotienten in diesen Gliedmaßenabschnitten bei Arterienstenosen und Verschlüssen praktisch gleich groß waren, Stichproben keine Differenz der arithmetischen Mittelwerte erwarten ließen, in den peripheren Extremitätenanteilen Stenosen und Verschlüsse oft gleichzeitig vorlagen und klinisch sowohl bei hochgradigen Stenosen als auch Verschlüssen allein die Tatsache einer Durchblutungsinsuffizienz imponierte, wurden RQ-Mittelwerte für Verschlüsse

und Stenosen gemeinsam ermittelt. Eine Differenzierung wäre dann sinnvoll gewesen, wenn vorwiegend Einzelverschlüsse oder Stenosen vorgelegen hätten. Versucht wurde dagegen eine Zuordnung der Quotienten zum Ausmaß der Kollateralkreisläufe, weil die Größe des Kollateral - kreislaufes den Kompensationsgrad bestimmt.

Es ergaben sich folgende Werte:

I. Im Bereich einer Stenose oder eines Verschlusses

N:	37
S:	14,9o
$\bar{x}$:	o,4o
maximaler Einzelwert:	1,3o
minimaler Einzelwert:	o,ol

N = Zahl der Fälle
S = Summe der Zahlen
$\bar{x}$ = Arithmetischer Mittelwert

II. Peripher einer Stenose oder eines Verschlusses

a) Arteriographisch guter Kollateralkreislauf

N:	14
S:	4,o9
$\bar{x}$:	o,29
maximaler Einzelwert:	o,7o
minimaler Einzelwert:	o,14

b) Arteriographisch mäßiger Kollateralkreislauf

N:	54
S:	18,79
$\bar{x}$:	o,34
maximaler Einzelwert:	1,6o
minimaler Einzelwert:	o,o4

c) Arteriographisch schlechter oder fehlender Kollateralkreislauf

N:	4o
S:	11,97
$\bar{x}$:	o,3o
maximaler Einzelwert:	o,68
minimaler Einzelwert:	o,o2

Eine Korrelation zwischen dem Ausmaß eines Kollateral-Gefäßsystems und dem Rheographischen Quotienten im poststenotischen Bereich besteht somit nicht.

4.2.3 Gipfelzeiten (GZ)

Die Bestimmung der Gipfelzeiten wurde in Analogie zu den Angaben von SCHMIDBAUER und SCHREIBER (1967) vorgenommen.
Da auch hier keine Differenz der Gipfelzeit-Werte distal eines Verschlusses und einer Stenose gefunden wurden, die schon wegen der Multiplizität von Stenosen und Verschlüssen an einer Extremität nicht wahrscheinlich waren, wurden - wie bei den Rheographischen Quotienten - gemeinsame Mittelwerte für Stenosen und Verschlüsse errechnet.

I. Im Bereich einer Stenose oder eines Verschlusses

N:	37
S:	5,o
$\bar{x}$:	o,14 sec
maximaler Einzelwert:	o,24 sec
minimaler Einzelwert:	o,o8 sec

II. Peripher einer Stenose oder eines Verschlusses

a) Arteriographisch guter Kollateralkreislauf

N:	14
S:	2,52
$\bar{x}$:	o,18 sec
maximaler Einzelwert:	o,26 sec
minimaler Einzelwert:	o,1o sec

b) Arteriographisch mäßiger Kollateralkreislauf

N:	5o
S:	8,o9
$\bar{x}$:	o,16 sec
maximaler Einzelwert:	o,28 sec
minimaler Einzelwert:	o,1o sec

c) Arteriographisch schlechter oder fehlender Kollateralkreislauf

N:	28
S:	4,76
$\bar{x}$:	o,17 sec
maximaler Einzelwert:	o,26 sec
minimaler Einzelwert:	o,oo sec

Eine eindeutige Korrelation zwischen dem Ausmaß eines Kollateralkreislaufes und dem Verhalten der GZ besteht nicht.

Die Diskrepanz zwischen der Gesamtzahl der Einzelwerte des RQ und der GZ peripher einer Stenose oder eines Verschlusses resultiert aus der Tatsache, daß aus meßtechnischen Gründen bei einem Teil der rheographischen Pulskurven zwar noch RQ, aber nicht mehr eindeutig GZ zu berechnen waren.

5. Diskussion

Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse zeigen, daß chronische Arterienverschlüsse der unteren Extremitäten im Arteriogramm zu einem deutlichen und kompletten Kontrastmittelstop an der proximalen Begrenzung der Verschlußzone und einem individuell ausgeprägten Kollateralnetz führen. Bei Gefäßstenosen ist dagegen ein Restlumen, bei hochgradigen Stenosen auch ein Kollateralnetz erkennbar.
Diese Befunde stehen mit denen von FRIEDMANN (1954), RATSCHOW (1959), FOCHEM und PÄRTAN (1966) in voller Übereinstimmung.

Rheographisch fanden sich distal einer Gefäßstenose und eines Gefäßverschlusses in allen Fällen eine Verminderung der Kurvenamplituden mit Abrundung des Kurven - gipfels oder plateauförmigen apicalen Anteilen, eine Abflachung des Kurvenanstiegs und fehlenden Nachwellen. Teilweise waren Pulswellen nicht mehr nachweisbar. Die Kurvenform-Veränderungen sind bei Verschlüssen und Stenosen annähernd gleich. Kurvenform-Kriterien, die eine sichere Differenzierung zwischen einer hämodynamisch wirksamen Stenose und einem Verschluß zulassen, wurden nicht gefunden. Aus methodischen Gründen läßt sich nicht entscheiden, ob Veränderungen der rheographischen Pulskurvenform Ausdruck eines Verschlusses mit gut entwickeltem Kollateralkreislauf oder einer subtotalen Stenose sind. Das Rheogramm erfaßt in beiden Fällen lediglich die annähernd gleichartige Abnahme der peripheren Durchblutungsgröße. Die von KAINDL (1954) und RÖSCH (1959) als typisch angesehene Kollateralkurve im Rheogramm (extrem flache Amplitude, besonders träger Anstieg und Abfall der Kurvenäste, kugelsegmentähnliche Form) wurde in den vorliegenden Untersuchungen nicht nur bei gut

kompensierten Arterienverschlüssen, sondern auch bei schlecht kompensierten Arterienstenosen gesehen und kann daher nicht als spezifisch bezeichnet werden. Die Tatsache, daß es für das Kurvenbild eines Kollateralkreislaufes im Rheogramm keine festen Kriterien gibt, steht mit der Auffassung von FRIEDMANN (1954, 1957) in Übereinstimmung.

Die Schwierigkeit der rheographischen Differentialdiagnostik zwischen Arterienverschluß und Arterienstenose kann durch Berechnung eines Rheographischen Quotienten nicht aufgehoben werden.
In allen Rheogrammen distal einer Stenose und eines Verschlusses waren zwar praktisch stets pathologische Quotienten mit Werten unter o,5 zu finden, die Größe der Rheographischen Quotienten distal einer Stenose oder eines Verschlusses erwies sich jedoch als identisch. Es gelang auch nicht, charakteristische Rheographische Quotienten in Abhängigkeit von der Kollateralisation der Stenosen und Verschlüsse zu gewinnen. Die arithmetischen Mittelwerte der Rheographischen Quotienten peripher eines Strombahnhindernisses waren sowohl bei gutem als auch bei schlechtem Kollateralkreislauf mit o,29, o,34 und o,3o praktisch gleichartig. Eine Aussage über Durchblutungsverhältnisse mit Hilfe der Rheographischen Quotienten wird auch durch früher nachgewiesene erhebliche physiologische und meßtechnische Schwankungsbreiten außerordentlich fraglich (HEIDRICH (1965)).

Der Rheographische Quotient kann lediglich global einen Anhalt zur Frage, ob überhaupt pathologische Veränderungen vorliegen oder nicht, bieten. Besser und eindeutiger läßt sich die pathologische Gefäßveränderung aber aus der rheographischen Kurvenform erkennen.

Die nach der Methode von SCHMIDBAUER und SCHREIBER (1967) errechneten Gipfelzeiten weisen bei den vorliegenden Untersuchungen Diskrepanzen zu den bislang einzigen Befunden von SCHMIDBAUER und SCHREIBER auf.

SCHMIDBAUER und SCHREIBER geben als Normalbereich für die Gipfelzeiten Werte zwischen o,11 und o,18 Sekunden (im Mittel o,15 Sekunden), für Stenosen und Verschlüsse Werte zwischen o,18 und o,34 Sekunden (Mittelwert: o,22 Sekunden) an.
Die von uns bestimmten Gipfelzeiten betragen peripher einer Stenose und eines Verschlusses bei verschiedenartig ausgebildetem Kollateralkreislauf im Mittel o,18, o,16 bzw. o,17 Sekunden und erreichen nur in Einzelfällen Größenordnungen von o,28 und o,26 Sekunden. Postuliert man, daß die Normalwerte von SCHMIDBAUER und SCHREIBER fehlerfrei sind, was nicht in Frage gestellt werden soll, so folgt aus unseren Zahlen, daß auch die Gipfelzeit nicht in der Lage ist, eindeutig die Diagnose einer Arterienstenose oder eines Arterienverschlusses zu sichern bzw. wahrscheinlich zu machen oder gar eine Differentialdiagnose zwischen beiden Strömungshindernissen zu ermöglichen. Die Ursache für die Diskrepanz zwischen den Werten von SCHMIDBAUER/SCHREIBER und den hier errechneten Gipfelzeiten muß offenbleiben. Es wird vermutet, daß in einem Teil der Fälle die oft zu beobachtende Plateauform der Kurvengipfel zu einer kürzeren Gipfelzeit führt, als das bei halbkugelförmigen sog. typischen Verschluß-Pulskurven der Fall ist.

Der rheographischen Diagnose eines Arterienverschlusses bzw. einer Arterienstenose im Bereich des Beckens und der Beine können bei Berücksichtigung dieser Befunde also keine sicheren Kriterien zugrunde gelegt werden. Es läßt sich lediglich aus typischen Kurvenformveränderungen

im Rheogramm ganz allgemein ein arterielles Strombahnhindernis vermuten, das durch Bestimmung eines Rheographischen Quotienten und der Gipfelzeit nur global unterstützt, aber nicht weiter gesichert werden kann. Ob Quer-Rheogramme, wie sie von KAINDL, POLZER und SCHUHFRIED zur Bestimmung der Lokalisation arterieller Gefäßverschlüsse angegeben werden, die längsrheographischen Aussagen tatsächlich erheblich verbessern können, muß nach den Untersuchungen von MATZDORFF (1961) erheblich in Frage gestellt werden.

Daß sich zwischen unseren unabhängig voneinander erhobenen rheographischen und arteriographischen Diagnosen dennoch eine recht hohe Übereinstimmung fand, ist wahrscheinlich auf die Empirie in der Beurteilung rheographischer Pulskurven bei gleichzeitiger Berücksichtigung der klinischen Befunde und der Anamnese zurückzuführen.

Bei den arteriellen Gefäßverschlüssen fanden sich nur etwa 16 bis 17 % falsch positiver und falsch negativer Befunde, bei den arteriellen Stenosen 15 % falsch positiver und etwa 3o % falsch negativer Befunde. Daraus läßt sich schließen, daß rheographisch Arterienverschlüsse und Arterienstenosen gleich oft häufiger diagnostiziert werden, als sie tatsächlich vorliegen und nachgewiesene Arterienstenosen seltener erkannt werden als Arterienverschlüsse.

Die hier gefundene Korrelation rheographischer und arteriographischer Befunde ist entsprechenden Vergleichsuntersuchungen und empirischen Vergleichsangaben bei Arterienverschlüssen von FOCHEM und PÄRTAN (1963), RITTNER (1964) und FRIEDMANN (1954, 1957) ähnlich und teilweise identisch.

Die Rheographie scheint bei aller Vorsicht und genügender Erfahrung eine geeignete Methode zu sein, arterielle Stenosen und Verschlüsse in den Fällen ausreichend sicher zu diagnostizieren und zu lokalisieren, in denen operative Behandlungsmaßnahmen nicht vorgenommen werden oder vorgenommen werden können. Sie erlaubt gegenüber einer arteriographischen Untersuchung nicht:

1. aus dem Kurvenbild, dem Rheographischen Quotienten und der Gipfelzeitbestimmung eindeutig zu entscheiden, ob eine hochgradige Stenose oder ein gut kollateralisierter Arterienverschluß Ursache einer peripheren Durchblutungsinsuffizienz sind,
2. das Ausmaß einer kollateralen Durchblutung zu bestimmen,
3. eine sichere Lokalisationsbestimmung der Verschlüsse oder Stenosen vorzunehmen, wenn gleichzeitig hochgradige generalisierte Gefäßwandveränderungen bestehen.

Sollen eine rekonstruktive Gefäßoperation durchgeführt und gutachterliche oder wissenschaftliche Fragen geklärt werden, muß eine Arteriographie gefordert werden.

6. Zusammenfassung

Mit der vorliegenden Arbeit wurde versucht, den diagnostischen Wert der Rheographie bei chronischen Arterienverschlüssen und Arterienstenosen der Beine zu bestimmen.

43 Patienten (21 Frauen, 22 Männer) im Alter von 4o bis 74 Jahren, die wegen chronisch-arterieller Durchblutungsstörungen der Beine (FONTAINE-Stadium II - IV) auf der Chirurgischen Abteilung des St.Gertrauden-Krankenhauses, Berlin-Wilmersdorf, stationär behandelt wurden und klinisch das Bild eines Arterienverschlusses bzw. einer hochgradigen arteriellen Gefäßstenose boten, wurden längsrheographisch und arteriographisch untersucht. Die unabhängig voneinander ausgewerteten Untersuchungsbefunde wurden nach Abschluß der gesamten Untersuchungsreihen miteinander verglichen.

Bei insgesamt 77 untersuchten unteren Extremitäten wurden arteriographisch insgesamt 63 Arterienverschlüsse und 42 Arterienstenosen im Bereich des Beckens, Ober- und Unterschenkels nachgewiesen. Unter Berücksichtigung des jeweils hämodynamisch entscheidenden Strombahnhindernisses ergab sich, daß die Durchblutungsinsuffizienz der Beine bei 46 Extremitäten primär durch einen Arterienverschluß, bei 23 Extremitäten durch eine Arterienstenose verursacht wurde.

Rheographisch wurden distal einer Arterienstenose und eines Arterienverschlusses in allen Fällen eindeutig pathologische Kurvenformen und fast immer pathologische Rheographische Quotienten gefunden. Kriterien, die eine sichere Differenzierung zwischen Arterienstenose und

Arterienverschluß zulassen, haben sich aber nicht ergeben. Daß dennoch eine relativ hohe Kongruenz zwischen den rheographisch vermuteten Strombahnhindernissen und den arteriographischen Befunden besteht, wird vornehmlich auf empirische Faktoren bezogen. Die angiographisch objektivierten Verschlüsse wurden in 87,1 % auch rheographisch vermutet, in 12,9 % nicht diagnostiziert. Arterienstenosen wurden rheographisch in 69,5 % vermutet, in 3o,5 % nicht diagnostiziert. Ein rheographisch vermuteter Verschluß ließ sich in 83,3 %, eine rheographisch vermutete Arterienstenose in 84,3 % arteriographisch bestätigen.

Die relativ hohe Übereinstimmung der Befunde läßt die rheographische Untersuchungsmethode in den Fällen als ausreichend und nützlich erscheinen, bei denen eine Angiographie nicht möglich ist oder grundsätzlich nur eine konservative Therapie durchgeführt werden kann.

Literatur

BELÁN, A., V.KOCANDRLE, J.POSPICHAL, J.BERÁNEK

Komplikationen bei verschiedenen arteriographischen Untersuchungsmethoden

Fortschr.Röntgenstr. 110 (1969) 57

BLOCK, W.

Die Durchblutungsstörungen der Gliedmaßen

Walter de Gruyter u.Co-Verlag, Berlin 1951

DURST,Ch., H.H.TOBIEN

Untersuchungen über die Bedeutung und die Normalwerte der Meßgrößen im Extremitätenrheogramm

Z.Kreislauff. 58 (1969) 26

EMMRICH,K.

Ergebnisse rheographischer Nachuntersuchungen nach Femoralarteriotomien bei Operationen im extrakorporalen Kreislauf

Dtsch.Gesundheitswesen 22 (1963) 907

ENGER,H., G.H.WEIßBACH

Zur Methode der Rheographie in der angiologischen Diagnostik

Z.ges.Inn.Med.und Grenzgeb. 18 (1963) 555

FOCHEM,K., J.PÄRTAN

Zur Problematik der Arteriographie der unteren Extremitäten (Vergleichende Untersuchungen mit der Rheographie)

Fortschr.Röntgenstr. 104 (1966) 164

FRIEDMANN,G.

Oszillographie und Rheographie als Voruntersuchung bei der Extremitäten-Arteriographie

Röntgenblätter 7 (1954) 99

FRIEDMANN,G.

Läßt sich die Indikation zur Arteriographie der peripheren Gefäße durch unblutige Methoden einschränken

Ärztl.Wschr. 12 (1957) 4o

HEIDRICH,H.

Längsrheographische Untersuchungen an Kranken mit peripheren arteriellen Durchblutungsstörungen zur Beurteilung der "Syncardon-Therapie" nach FUCHS

Inaugural-Diss. Freie Universität Berlin 1965

HEIDRICH,H.

Der akute, periphere Arterienverschluß im Längsrheogramm

Med.Klinik 61 (1966) 454

HEIDRICH,H., O.BAYER, D.KOLMAR

Rheographische Untersuchungen zur Hämodynamik der retrograden Vertebralis-Durchblutung bei einem Subclavian-steal-Syndrom mit Aortenisthmusstenose

Z.Kreislauff. 57 (1968) 188

HOLZER,W., K.POLZER, A.MARKO

Rheographie
Maudrich-Verlag Wien, 1945

JANTSCH,H.

Zur Auswertung des peripheren Rheogramms

Wien.med.Wschr. 1o8 (1958) 1oo4

JANTSCH,H.

Rheographie und Oszillometrie

Arch.physik.Th. 13 (1961) 27

KAINDL,F.

Rheographie peripherer Arterien. Eine neue Methode zur Beurteilung arterieller Gefäße

Arch.Kreislauff. 2o (1954) 247

KAINDL,F., K.POLZER, F.SCHUHFRIED

Die Amplitudenauswertung des Rheogramms

Wien.Z.inn.Mdd. 4o (1959) 175

KAINDL,F., K.POLZER, F.SCHUHFRIED

Rheographie, eine Methode zur Beurteilung peripherer Gefäße

Kreislaufbücherei, Band 18, 2.Aufl. Steinkopff-Verlag Darmstadt, 1967

KAPPERT,A.

Lehrbuch und Atlas der Angiologie

Huber-Verlag Bern-Stuttgart-Wien, 1969, 4.Aufl.

KOEPPEN,S.

Neue Untersuchungsergebnisse über die Herzdynamik und Vektordiagraphie

Münch.med.Wschr. 42/43 (1943) 6o7

KUSZTOS,D.

Diagnostische Möglichkeiten der Rheographie bei den Arterienverschlüssen der Finger

Vortrag, Congressus internationalis Angiologiae in memoriam Ratschow, Essen vom 15.-18.1o.1969

Mc AFEE, J.G.

A survey of complications of abdominal aortography

Radiology 68 (1957) 825

MATZDORFF,F.

Rheographische Untersuchungen zur Beurteilung peripherer Gefäße

Med.Welt 12 (1961) 577

MATZDORFF, F.

Graphische Registriermethoden in der Diagnostik peripherer Durchblutungsstörungen

Internist 2 (1961) 685

MATZDORFF,F.

Die Rheographie und ihre Anwendung bei der Diagnostik peripherer Durchblutungsstörungen

Ärztl.Laboratorium 7 (1961) 354

MATZDORFF,F.

Die Diagnostik peripherer Durchblutungsstörungen mit der oszillographischen und rheographischen Untersuchungsmethode

Allg.Therapeutik 3 (1963) 366

MORTENSEN,J.D.

Clinical sequelae from arterial needle puncture, cannulation and incision

Circulation 35 (1967) 1118

NYBOER,J.

Electrical impedance plethysmography

Med.Physics, Chicago, Vol.I (1944) 34o

POLZER,K., F.SCHUHFRIED

Die physikalischen Untersuchungsmethoden peripherer Gefäße unter besonderer Berücksichtigung der Rheographie

Mkurse ärztl.Fortb., 366 (196o)

RATSCHOW,M.

Angiologie

Thieme Verlag Stuttgart, 1959

RITTNER,E.

Oszillometrie, Rheographie und Arteriographie. Gegenüberstellung dieser Methoden

Z.angewandte Bäder- und Klimakunde 11 (1964) 614

RÖSCH,H.
Funktion und Anatomie peripherer Durchblutungsstörungen
Langenbecks Arch. 292 (1959) 256

RÖSCH,H.
Anwendung der Rheographie in der Chirurgie
Wien.med.Wschr. 5 (1962) 112

SCHMIDBAUER,R., H.SCHREIBER
Untersuchungen über die Gipfelzeit im Längsrheogramm der unteren Extremitäten
Med.Welt 18 (1967) 1o84

SCHREINICKE,G.
Ein Beitrag zur Entstehung der Impedanzpulskurve (Rheogramm)
Elektromedizin 13 (1968) 216

SCHREIBER,H.
Direktrheographie und photoelektrische Volumenpulsschreibung bei peripheren Angiopathien
Elektromedizin 14 (1969) 87

SOLTH,H., G.KÖHL, G.SCHETTLER, A.WERTHEMANN
Statistik der Arteriosklerose
Verh.Dtsch.Path.Ges. 41 (1957) 64

Ich danke Herrn Prof.Dr.G.A.Neuhaus für die freundliche Unterstützung der vorliegenden Arbeit,
Herrn Chefarzt Dr.W.Bittner, Chirurgische Abteilung des St.Gertrauden-Krankenhauses Berlin, für seine Bereitwilligkeit, die Untersuchungen auf seiner Abteilung durchführen zu lassen und
Herrn Dr.H.Heidrich, Medizinische Klinik der Freien Universität Berlin im Klinikum Westend, für die Überwachung der Untersuchungen.

Lebenslauf

Ich, Hassan Fazel-Soleymani, wurde am 23.6.1937 als Sohn des Scheich Abdossamed Fazel-Soleymani und seiner Ehefrau Sogra in Mesched/Iran geboren. Dort besuchte ich die Grund- und die Oberschule.

Nach dem Abschluß einer zweijährigen pädagogischen Ausbildung war ich bis 1959 als Lehrer in Mittelschulen in Theran, sowie in der Iranischen Oberschule in Baghdad tätig.
Das Medizinstudium begann ich im Winterhalbjahr 1959/60 an der Gutenberg-Universität zu Mainz. 1962 bestand ich dort die ärztliche Vorprüfung. Mein Medizinstudium setzte ich ab 1964 an der Freien Universität Berlin fort. Hier legte ich 1966 das Staatsexamen ab.
Zur Zeit bin ich als Assistenzarzt an der HNO - Abteilung des St.Gertrauden-Krankenhauses tätig.